



**Kandidatarbeten
i skogsvetenskap**
Fakulteten för skogsvetenskap

2016:9

Precision vid travmätning av rundvirke med en fotoinventeringsteknik applicerat i smarta telefoner

*Precision of pile-measurement of roundwood with photographic
technology applied in smartphones*



Arvid Boberg & Jonatan Lilja

Sveriges Lantbruksuniversitet
Institutionen för skogens ekologi och skötsel

Program: Jägmästarprogrammet

Kandidatarbete i skogsvetenskap, 15 hp,

Kurs: EX0592

Nivå: G2E

Handledare: Dan Bergström, SLU, Inst för skogens biomaterial och teknologi

Examinator: Tommy Mörling, SLU, Inst för skogens ekologi och skötsel

Umeå 2016



Kandidatarbeten i skogsvetenskap

Fakulteten för skogsvetenskap
Sveriges landbruksuniversitet

2016:9

Enhet/Unit	Institutionen för skogens ekologi och skötsel Department of Forest Ecology and Management
Författare/Author	Arvid Boberg & Jonatan Lilja
Titel, Sv	Precision vid travmätning av rundvirke med fotoinventringsteknik applicerat i smarta telefoner
Titel, Eng	<i>Precision of pile-measurement of roundwood with photographic technology applied in smartphones</i>
Nyckelord/ Keywords	Travmätning, Timbeter, undersökning, mätprecision, bildanalys/ <i>pile-measurement, Timbeter, measurement precision, image analysis</i>
Handledare/Supervisor	Dan Bergström, Institutionen för skogens biomaterial och teknologi/ <i>Dept. of Forest Biomaterials and Technology</i>
Examinator/Examiner	Tommy Mörling, Institutionen för skogens ekologi och skötsel/ <i>Department of Forest Ecology and Management</i>
Kurstitel/Course	Kandidatarbete i skogsvetenskap/ <i>Bachelor Degree in Forest Science</i>
Kurskod	EX0592
Program	Jägmästarprogrammet
Omfattning på arbetet	15 hp
Nivå och fördjupning på arbetet	G2E
Utgivningsort	Umeå
Utgivningsår	2016

FÖRORD

Denna rapport skrevs under en tio veckors period som utförts på helfart under vårterminen 2016 på Sveriges lantbruksuniversitet i Umeå. Kandidatarbetet utgör det sista momentet för vår kandidatexamen.

För att detta arbete skulle vara genomförbart hade vi hjälp av många personer som varit ovärderliga för oss. Vi vill rikta ett stort tack till Dan Bergström, SLU, Inst för skogens biomaterial och teknologi och till Martin Kambla, CTO ,Timbeter för all hjälp under projektets gång. Ett stort tack även till Magnus Jönsson, SCA, produktionsledare som gjorde mätningarna möjliga.

Arvid Boberg

Jonatan Lilja

SAMMANFATTNING

Det mättes i snitt in 82 500 000 m³ sk rundvirke per år under perioden 2009-2013 i Sverige, med olika mätmetoder. Några av de metoder som används för att mäta/beräkna virkesvolym idag är metoder som togs fram år 1973 och som innefattar en hög grad av subjektiv bedömning och manuellt arbete. Utvecklingen går mot en mer digitaliserad framtid och applikationen Timbeter är en virkesmättningsmetod som utvecklats.

Huvudsyftet med projektet var att utvärdera denna applikation för att se om den ger samma resultat som mätning med rådande mätmetoder. De delsyften som fanns med i projektet var:

- Att undersöka om avståndet från mätaren till virkestraven påverkar resultatet
- Undersöka om olika användare ger olika resultat
- Undersöka om justeringar av data skiljer sig mot ojusterade data för att se om det går att lita på det ojusterade datat.

Försöket gjordes på tre virkestravar belägna på tre platser med olika storlek och med olika geometriska former. Timbeterapplikationens värden visade sig skilja sig mot rådande mätmetoders värden, då det stockmätta eller travmätta värdet inte fanns med i ett konfidensintervall på 95 %, för någon av virkestravarna. Resultaten från t-testerna och regressionsanalysen påvisar att volymen (m³ fpb) påverkas signifikant av:

- Avståndet till virkestraven.
- Personen som mäter med Timbeter-applikationen.
- Att det fanns en signifikant skillnad mellan ojusterad data och justerad data, vilket talar för en förändring för att effektivisera applikationen tidsmässigt.

Detta gör att volymsskattningarna är svåra att lita på då förklarandegraden från regressionsanalysen är så hög som 99 %. Denna studie visar att applikationen både överskattar och underskattar volymen mot rådande mätmetoder, att volymen både ökar och sjunker beroende på avståndet man mäter ifrån och att den är beroende på vem som mäter med applikationen och att det går inte att lita på ojusterad data för att effektivisera applikationen.

Nyckelord: Travmätning, Timbeter, undersökning, mätprecision, bildanalys

SUMMARY

On an average about 82 500 000 m³sk was measured per year during the 2009-2013 period with different measurement methods. Some of the methods used today to measure / calculate timber volumes are methods that were developed in 1973, which includes a high degree of subjective judgment and manual work. The trend is towards a more computerized future and the application Timbeter is a timber measuring method that has a great potential. The main goal with this study was to evaluate this application to investigate if it produces the same results as if you are measuring with the current measurement methods. The secondary goals in the project were:

- To investigate whether the distance from the meter to the wood pile affects results
- Examine different users provide different result
- Investigate whether adjustments to the data in the application differs from the unadjusted data, to see if we can rely on the unadjusted data.

This was done in three pieces of timber stacks located in three different locations with different sizes and with different geometrical shapes. The results of t-tests and regression analysis shows that the volume (m³fpb) is affected by:

- The distance to the lumber-stack.
- The individual measuring with Timbeter application.
- There was a significant difference between the unadjusted data and the adjusted data, which indicates that the application needs streamlining to get faster.

This allows the volume approximations are difficult to trust since the explanatory rate from the regression analysis is as high as 99%. This study shows that the application both overestimates and underestimates the volume of the current measurement methods, the volume both increases and decreases depending on the distance that it measured from and that it depends on who is measuring with the application and that one can't rely on unadjusted data to streamline application.

Keywords: pile-measurement, Timbeter, measurement precision, image analysis

Innehåll

FÖRORD	3
1 INLEDNING	7
1.1 Bakgrund	7
2 MATERIAL OCH METODER.....	10
2.1 Mätmetoder och utrustning	10
2.3 Behandlingar och upprepningar.....	13
2.3.1 Vältornas position och geometriska utformning.....	15
2.3.2 Väder och ljusförhållanden.....	16
2.3.3 Behandling av data.....	16
3 RESULTAT	18
3.1 Jämförelser mellan Timbeter mot travmätning och stockmätning.....	18
3.4 Jämförelse mellan justerade och ojusterade data	20
4 DISKUSSION.....	25
4.1 Genomförande av fältförsök	25
4.2 Databearbetning.....	25
4.2.1 Jämförelse mellan mätmetoder.....	25
4.2.2 Avståndspåverkan.....	26
4.2.3 Skillnaden mellan olika mätare	26
4.2.4 Jämförelse mellan justerad och ojusterad data.....	26
4.3 Slutsatser.....	27
5 REFERENSER.....	28
Personlig kommunikation	29
BILAGOR.....	30
Bilaga 1. Protokoll vid datainsamling	30
Bilaga 2. Bilder från fältförsöken	31

1 INLEDNING

1.1 Bakgrund

I Sverige har det avverkats totalt 412 500 000 m³ sk rundvirke i slutavverkningar och gallringar under perioden 2009/2010 – 2013/2014 (Riksskogstaxeringen, 2015). Detta blir i genomsnitt 82 500 000 m³ sk rundvirke i slutavverkningar och gallringar per år. Av detta användes mellan år 2009 och 2013 totalt 352 900 000 m³ fub rundvirke av träfiberindustrierna och sågverken som har mätts in genom olika mätmetoder (SDC, 2014 B). Totalt under 2008 mättes 101 003 000 m³ f genom olika metoder i Sverige. Av denna volym mättes 25 642 000 m³ f genom stockmätning, 40 525 000 m³ f genom travmätning med subjektiv bedömning av fastvolymprocent, 1 996 000 m³ fub genom trav/skäpp mätning, 13 753 000 m³ f genom bedömning av travvolym och fastvolymprocent, 3000 m³ f genom en subjektiv bedömning av volym, 5 619 000 m³ f genom vägning, 11 909 000 m³ f genom vägning med bestämning av torrhalt (SDC, 2009).

Virkesmätning kan göras av en rad olika anledningar, men främst görs mätningarna för att få ett underlag till säljare och köpare av virke. Virket mäts in av virkesmätarföreningarna VMF Nord, Syd och Qbera, som representeras av både säljare och köpare för att få en helt opartisk bedömning över hur mycket volym virke som levereras från säljaren. Det är de ekonomiska föreningarna VMF Nord, Syd och Qbera som ansvarar för att mätningen sker på ett likformigt sätt oavsett plats i Sverige. Dessutom är virkesmätarna anställda av virkesmätarföreningarna för att se till att de förhåller sig lika till både köpare och säljare (www.sdc.se). Mätningarna sker vid olika mätstationer som finns placerade på olika platser i Sverige. En del mätstationer har öppet dygnet runt, dessa är oftast stora mätstationer vid stora industrier med stor lagringskapacitet, och mindre mätstationer använder sig av 1- eller 2-skift (Börjegen, 2011).

Trots att det handlar om stora volymer som mäts in så finns det ändå ingen mättningsmetod som har hög mättningsprecision (Knyaz, Maksimov, 2014). VMF går efter den mätprecisionen som virkesmätarlagen uppger (Skogsstyrelsen, 2014). Kraven på mätprecision är att det inte får skilja mer än 2 - 3 % i volymen vid travmätning, jämfört med den faktiska volymen som fås genom kontrollmätningar där varje stock i traven mäts, (Lennart Andersson, pers.komm.). Dagens metod för travmätning togs fram år 1973 och genomförs genom subjektiv bedömning i kombination med mätningar, det vill säga att det beror mycket på hur virkesmätaren mäter och vilken person det är som utför mätningen (VMR 2000). För SCA så mäts deras virkestravar på Östrands pappersbruk enligt SDC:s mätmetoder för mätning av virkestravar, för att inventera volymen i lager vid industrin, (Henrik Linden pers.komm.).

De metoder som främst används i Sverige är stockmätning, travmätning med bedömning av fastvolymprocent och bedömning av travvolym och fastvolymprocent. Vid volymmätning genom stockmätning så mäter man genom topp-mätning, topprotmätning eller sektionmätning. Metoden används då timmerstockar skall delas in i olika klasser beroende på kvalitet. Det är virkesmätarens uppgift att bedöma kvaliteten på timmerstocken, vilket trädslag, samt vilken barktyp timmerstocken har. Själva diameter- och längdmätningen av stockarna sker oftast automatiskt genom en mät-ram (VMF-Qbera, 2016).

Vid travmätning med bedömning av fastvolymprocent så mäts höjden, bredden och längden på traven och sen multipliceras detta med den uppskattade fastvolymprocenten, som ger den faktiska mängden virke i traven (SDC, 2014 A).

Det finns flera olika sätt att bedöma virkesvolym på beroende på vilket företag som skall utföra mätningen. Vanligast vid bedömning av travvolym och fastvolymprocent så uppskattas travens volym och fastvolymprocenten i traven. Detta innebär att det är en subjektiv bedömning av hur mycket volym som finns i traven (SDC, 2014 A). Holmen skog använder sig utav data från skotaren som ger en vikt genom en våg som sitter på skotaren. Med hjälp av vikten så räknar skotaren ut genom en formel i datorn vilken den travade volymen är i lasset, och därefter så bedömer föraren fastvolymprocenten (Marie Helström, pers.komm.).

Under tidens gång har nya metoder för mätningar utvecklats så som laser och kameramätning genom foton. En mycket populär bildmätningss metod är Fotoweb, som SCA var först med att utveckla. Denna metod går ut på att mindre mätstationer, vid industri såväl som terminaler, blir utrustade med kameror från olika vinklar som tar bilder på lasten och som sen skickar bilderna till en större mätstation, där en virkesmätare subjektivt bedömer hur mycket virke som finns på lastbilen genom bilderna (SDC, 2015 A).

Modus 2000 är ett exempel på lasermätningsteknik som mäter virke på lastbilar genom att lastbilarna kör igenom en mät-ram där laser mäter hur mycket virke som är lastat på lastbilen, dock utöver detta krävs en bedömning av vrak-andel och fastvolymprocent (Codator oy, 2016).

Den mest precisa mättekniken är då stockarna mäts enligt bit-för-bit-metoden, då stocken körs via ett transportband genom en laser som mäter varje stocks volym, vilket både är dyrt och inte är lämpad för t.ex. mätning i fält. Det finns även manuella mätningar där operatören kan mäta topp- och stockända på varje stock och därefter via en empirisk formel beräkna volymen. Detta anses vara lågproduktivt, tidskrävande och ha dålig precision. (Knyaz, Maksimov, 2014).

Många nya idéer som innefattar digitaliserade mättekniker förutspås öka kraftigt, men det är inte mycket som praktiskt har tagits i bruk. Det finns totalt cirka tio stycken mätstationer, av totalt 113 mätstationer i Sverige, som har blivit utrustade med kamera, (Marie Söder, pers.komm). En ny produkt har emellertid kommit in på marknaden i form av en applikation som används genom smarta telefoner, Timbeter, som startade år 2013 vid ett IT-event i Estland. Applikationen bygger på idén att mäta travat virke med hjälp av foton som tas av mätaren med en smarttelefon och sedan beräkna volymen i traven genom olika formler, samt kunna ta fram diameterklasser och antalet stockar som finns i traven. (Timbeter, 2016).

Ett exempel på fototeknik gjordes i Brasilien, där dom jämför en teknik för att inventera volymen av frukterna på arapalmen med två konventionella metoder, water displacement method (WDM) och millet-seed displacement method (SDM) (Costa m.fl, 2016). Kameran är försatt med Moiré-tekniken, då den anses vara tillförlitlig, för att beräkna volymen av frukten (Braga m.fl., 2009). Fototekniken skiljde sig mot WDM med ett medelfel av 13.54% och mot SDM med 11.09% som ansågs vara ett billigt och robust verktyg för att mäta volymen av arapalmens frukter.

För att man verkligen skall kunna använda en inventeringsmetod så bör metoden vara oberoende av vem det är som använder den. Det finns flera studier som gjorts i detta område och en av dem är Bengt Isaksson som jämför relaskopering av kronandel. Studien gick ut på att fem olika förrättningsmän inventerade två olika bestånd där summa kronlängd och summa

kronlängd registrerades utefter inventeringslinjerna. Vid analys så ställdes nollhypotesen som att det inte fanns någon skillnad mellan de olika förrättningsmännen. Resultatet på studien visar att metoden är oberoende av förrättningsman och att nollhypotesen kunde förkastas, vilket är viktigt för metodens användarbarhet (Isaksson 2013).

1.2 Syfte

Syftet med studien var att jämföra mätning med hjälp av applikationen Timbeter i smarta telefoner med mätning med rådande mätningsmetoder (manuell referensmätning genom travmätning samt stockmätt vid mätstation i Sävar). Delmål med studien var att:

- undersöka om avståndet från mätaren till virkestraven påverkar resultatet
- undersöka om olika användare ger olika resultat
- undersöka om justeringar av data skiljer sig mot ojusterade data, för att se om det går att lita på det ojusterade datasetet.

2 MATERIAL OCH METODER

Studien har utförts i följande steg:

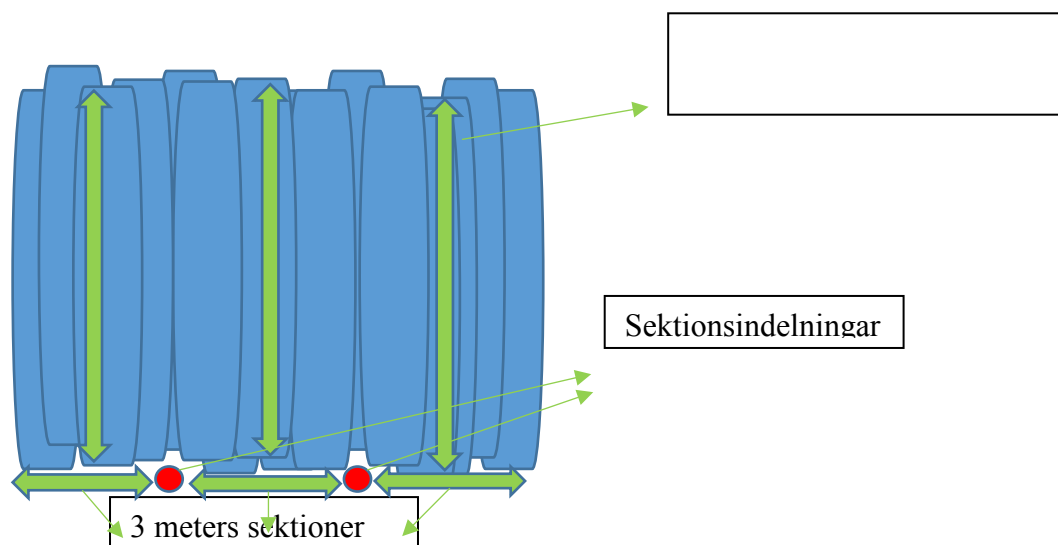
- I. Applikationen Timbeter laddas ner till en androidtelefon ifrån Timbeters hemsida.
- II. Studera arbetsmetodiken för mätmetoderna Timbeter och travmätning enligt SDCs standard.
- III. Kontroll av de travar som skall mätas i studien så att det råder liknande förutsättningar på samtliga travar.
- IV. Kontrollmätning av applikationens volymenhet på en enskild stock för att se vilken svensk volymenhet som är mest lik volymenhet som används i Timbeter.
- V. Avståndsmarkeringar på tre olika avstånd från traven.
- VI. Mätning med Timbeter efter protokollförares direktiv av från vilket avstånd mätning skall ske.
- VII. Det direkta resultatet protokollförs.
- VIII. Fotot justeras av mätaren genom att mätaren lägger till/tar bort missade stockar samt justerar diametercirklar.
- IX. Resultatet protokollförs.
- X. Referensmätning i form av travmätning genomförs av båda mätarna tillsammans och protokollförs.

2.1 Mätmetoder och utrustning

De mätmetoder som använts vid utförandet av fältinventeringen är travmätning enligt SDCs standard, mätning via applikationen Timbeter (www.timbeter.com) och stockmätning utfört av VMF Nord i Sävar.

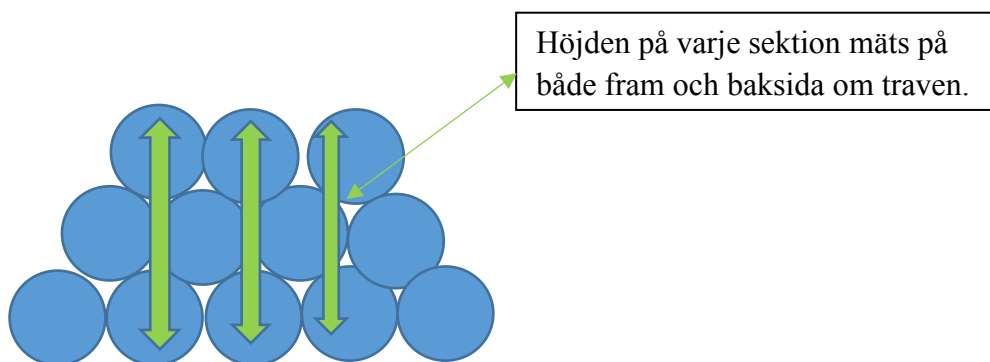
Vid travmätning skall vissa kriterier uppfyllas för att travmätningen skall vara en godkänd metod. Vid travmätning skall traven delas in i sektioner om travlängden överskrider 3 meter för att sen mäta höjd och stocklängd på traven. Sektionerna skall vara lika långa och som längst 3 meter. Stocklängden tas som ett mått vid varje sektion (Fig. 1). Vid mätning av travens höjd så tas ett mått vid vardera stockändesida, där medelvärdet av dessa två värden anges som travens höjd (Fig. 2). Om traven inte är byggd i rät linje skall traven längd mätas med måttredskapet tätt intill traven och längden på traven utgörs av medelvärdet av längden på respektive sida. Det blir i princip två olika volymer för en trave, dels travvolymen som utgör produkten av travens längd, höjd och bredd, och dels vedvolymen som utgör produkten av travvolymen och vedvolymprocenten som sen divideras med 100 (SDC, 2015 B).

Vedvolymprocenten uppskattas av mätaren enligt instruktion från SDC. Vid bedömning av traves vedvolymprocent utgår man ifrån ett ingångstal baserat på träslag, i vårt fall var det tall vilket ger 68 % som ingångstal. Därefter korrigeras vedvolymprocenten baserat på olika faktorer som kan variera från trave till trave. Korrigering görs för virkets medeldiameter, avdrag för bark respektive travning, krokighet, kvistning, stamform/avsmalning, snö och is, avverkningsavfall (till exempel lösa barkbitar, grenar och spån), vedlängd och travhöjd (SDC, 2014 A). Vid travmätningen användes en 3 meter lång måttstock för indelning av sektioner, samt höjdmätning av traven. För längdmätning av stocklängd användes ett huggarband.



Figur 1. Travmätning sett från ovan.

Figure 1. Pile-measurement seen from above the stack.



Figur 2. Travmätning sett framför traven

Figure 2. Pile-measurement in front of the stack.

Vid mätning med applikationen Timbeter tas ett foto som sedan används för att ta ut diametercirklar för varje ändyta (se bilaga 2). För att studera denna metod laddades applikationen ner till en androidtelefon, Samsung Galaxy S4, där vi genomförde handledningsintroduktionen, som gick igenom hur applikationen används. För att applikationen skall kunna bestämma diametercirklarna krävs att ett referensmått finns för att applikationen ska kunna ge ett diametervärde på ändytorna. Referensmåtten kan vara mellan 1-3 meter lång och skall placeras mitt i traven vid fotografering. Vi använde oss av en 1 meter lång plank som referens på travarna som mättes in. För att få med hela traven så var vi tvungna att dela in dem i sektioner (se Fig. 1), vilket gjordes med hjälp av en mindre stock, plank eller mätsticka, som tydligt visar vart sektionen börjar och slutar.

Travmätning enligt SDC:s instruktioner.

De kriterier som måste uppfyllas för att travmätningen ska vara godkänd mätmetod enl. SDC, travmätning (2014) var:

1. Trave ska ha en höjd av minst 1 m och högst 3 m.
2. Travens överkant ska vara avjämnad.
3. Trave innehållande virke av standardlängd ska vara jämndragen. Med jämndragen trave avses att ingen ändyta på enskild stock avviker mer än 20 cm från travens medeländyta.
4. Trave innehållande virke av fallande längder ska vara upplagd så att en av travens sidor är så jämndragen att ingen stockända avviker mer än 40 cm från travens medeländyta.
5. Trave med virke av fallande längder får ej vara längre än 6 m.
6. Utrymme ska finnas på travens båda sidor för besiktning av dess innehåll. På en av travens sidor (den mest jämndragna sidan vid fallande längder) ska tillräckligt utrymme finnas för att måttagning ska kunna utföras (minst 5 m).
7. Travens översida ska innan mätning vara frilagd från snö, is och avverkningsrester i den utsträckning som behövs för mätning av virket. Avverkningsavfall får endast förekomma i begränsad omfattning inne i traven.

Volymmätning med Timbeter

Följande kriterium användes för bedömning utan justering, (gäller för alla mätavstånd):

1. Bildtagningen för de olika avstånden slumpas ut av protokollföraren som även protokollför resultatet och användaren tar bilden med telefonen.
2. Bilden som blir tagen justeras enbart efter eventuella sektionsmarkeringar och travens form.
3. Ingen diameter justeras efter storlek.
4. Cirkclar tas bort om dessa finns utanför travens profil i överkant och underkant (Se figur 11).
5. Ändytor som applikationen inte ser eller missar får ej läggas till.

Följande kriterium användes för bedömning med justering (gäller för alla avstånd):

1. Bildtagningen slumpas ut av protokollföraren och mätaren tar bilden på anvisat avstånd.
2. Bilden som blir tagen justeras efter eventuella sektionsmarkeringar.
3. Alla ändytors diameter blir justerad efter användarens egen förmåga.
4. Cirkclar får tas bort eller läggas till efter användarens egen förmåga.

2.3 Behandlingar och upprepningar

Studien gjordes under vecka 10 och 11, där två av de tre travarna mättes in vecka 10 och den tredje mättes in vecka 11. Vi tog kontakt med en produktionsledare på SCA, för att kunna få tillgång till virkestravar vid avlägg för att testa applikationen på. Han tog fram tre stycken alternativ åt oss som vi åkte runt och inspekterade för att utvärdera om mätningar var möjliga att genomföra, (Magnus Jönsson, pers.komm). Eftersom syftet med denna studie dels innebar att testa applikationen på olika avstånd, så beslutade vi att mäta på avstånd som möjliggör praktiskt utnyttjande av applikationen vid virkesavlägg och virkesterminal. Avstånden vi valde att testa ifrån var 5, 7,5 respektive 10 meter (Figur 3). Dessa avstånd var möjliga att användas på två av de tre mätta travarna, där den trave som inte gick att mäta på 10 meters avstånd endast mättes på 5 och 7,5 meter.

Vid mätning med Timbeter finns tre olika formler som applikationen kan använda för att få ut volymen av en virkestrave. De formler som finns är Rysslands GOST, JAS (Japanese Agricultural Standard) eller Estlands volymfunktion från A. Nilson. A, (Martin Kambla, pers. komm). Nilsons formel för volymberäkning valdes som enhet vid mätning med Timbeter då detta var den enda formeln som vi fick tillgång till av Timbeter. För att ta reda på vilken av de svenska volymenheter som är mest lik A. Nilsons formel för att beräkna volym, så har vi gjort beräkningar för en enda enskild stock, (Martin Kamblapers.komm.; Jänes. J 2001). Mätningen av den enskilda stocken gjordes för m³to med klave och huggarband, därefter användes omformningstal, (Skogsstyrelsen 2016), till resterande volymenheter (Tabell 1,2,3). För formeln skall ge ett korrekt värde för volymen, krävs det vid fotografering att stockarna i traven ligger med toppändan mot mätaren.

A. Nilsons formel för volymberäkning (Jänes. J 2001)

$$V = (d^2L(a1+a2L)+a3L^2) / 10\,000$$

Där V = Volymen i kubikmeter timmer i applikationen Timbeter

L = Den exakta längden av stocken i decimeter

d = Diameter i cm vid toppändan av stocken under bark

a1-a3 = ekvationskoefficienter beroende på träslag enligt tabell 3.

Tabell 1. Omräkningstal från Skogsstyrelsen (Skogsstyrelsen 2016)

Table 1. Conversion ratio from the Forestry Commission (Skogsstyrelsen 2016)

Från/Till	m ³ sk	m ³ f pb	m ³ f ub	m ³ t pb	m ³ to ub
m ³ sk	-	0,95	0,84	1,49	0,68
m ³ f pb	1,05	-	0,88	1,56	0,71
m ³ f ub	1,20	1,14	-	1,78	0,81
m ³ t pb	0,67	0,64	0,56	-	0,46
m ³ to ub	1,46	1,40	1,23	2,19	-

$$1\text{ m}^3\text{s} = 0,36\text{ m}^3\text{f}$$

Tabell 2. Koefficienter som används i A. Nilsons formel
Table 2. Coefficients used in A. Nilsons formula

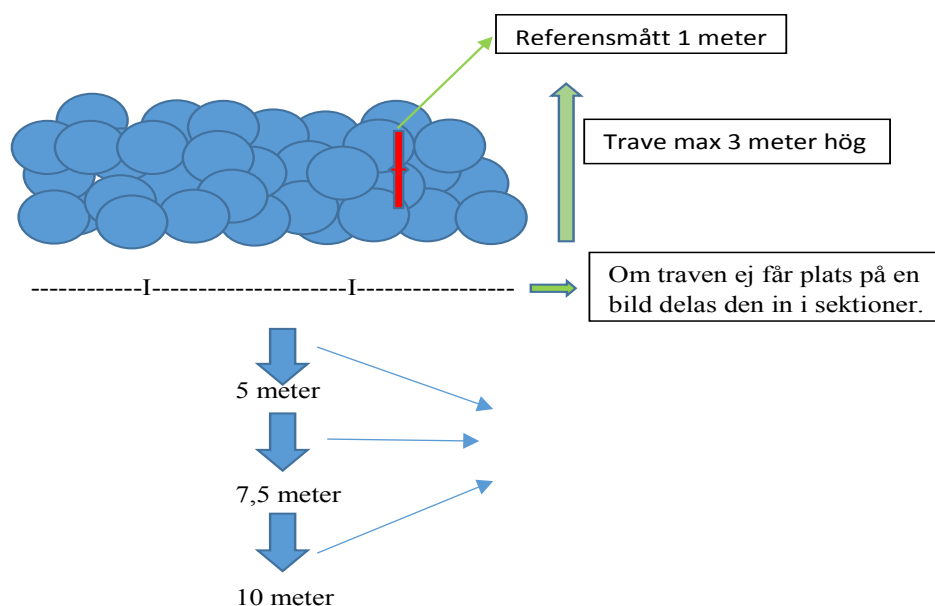
Trädslag/Koefficient	a1	a2	a3
Tall	0,0799	0,000146	0,0411
Gran	0,07995	0,00016105	0,04948
Björk	0,0783	0,000236	0,045
Barrträd	0,0800	0,000154	0,0453

Tabell 3. Uträkningar för jämförelse mellan A. Nilson och svenska volymenheter (Tabell 1)
Table 3. Calculations for comparison between A. Nilson and the Swedish units of volume (table 1)

Volymenhet	Uträkning	Resultat
m³to	$(3,14 \cdot (0,0615^2)) \cdot 4,32$	0,051331 m ³ to
m³sk	$0,051331 \cdot 1,46$	0,074943 m ³ sk
m³fpb	$0,051331 \cdot 1,39$	0,07135 m ³ fpb
m³fub	$0,051331 \cdot 1,25$	0,064164 m ³ fub
A. Nilsons m³	$(12,9^2 \cdot 43,2 \cdot (0,0799 + (0,000146 \cdot 43,2) + (0,0411 \cdot 43,2))) / 10000$	0,069644 m ³

Varje trave mättes tre gånger från varje avstånd och per person. En av personerna utförde mätningarna medan den andra personen förde protokoll (Bilaga 1) och gav direktiv till mätaren om vid vilket avstånd han skulle mäta ifrån. Avstånden mellan traven och mätaren togs fram med hjälp av huggarband som placerades i jämnhöjd med referensplankan. Ordningen för vilket avstånd mätningarna skulle göras togs ut slumpmässig. Då applikationen inte hade samma funktioner som den hade då projektet startade, gjorde det att vi tappade panoramabildtagningsfunktionen som skulle kunnat effektivisera arbetsgången och mätprecisionen. Panoramabildtagningen fick ersättas med att vi fick dela in bildtagningen i sektioner, vilket kan ha lett till att vissa stockar ha räknats två gånger eller inte alls. Höjden fixerades genom att placera telefonen på en 170 cm lång käpp. Telefonen hölls i en vinkelrät position från traven vid fotograferingen. Vi ville få fram applikationens förmåga att lokalisera varje ändyta samt hur mycket volym den avgör finns i traven utan att några korrigeringar i bilden genomförs. Detta gjordes direkt efter att bilden tagits, och den enda korrigering som skedde var att markera traven så att den inte räknar med andra eventuella cirklar som kan identifieras utanför travens profil. Resultatet skrevs in i protokollet och sen började vi korrigera bilderna var för sig, genom att dels ändra de diametercirklar som var fel, lade till stockar som inte räknats med och tog bort stockar som räknats två gånger. Resultatet skrevs sen ner i protokollet. Innan avslutandet av mätningarna på varje trave gjordes en traditionell travmätning. Travmätningen utfördes av båda mätarna tillsammans för att ta bort den

personliga faktorn i referensvärdet.



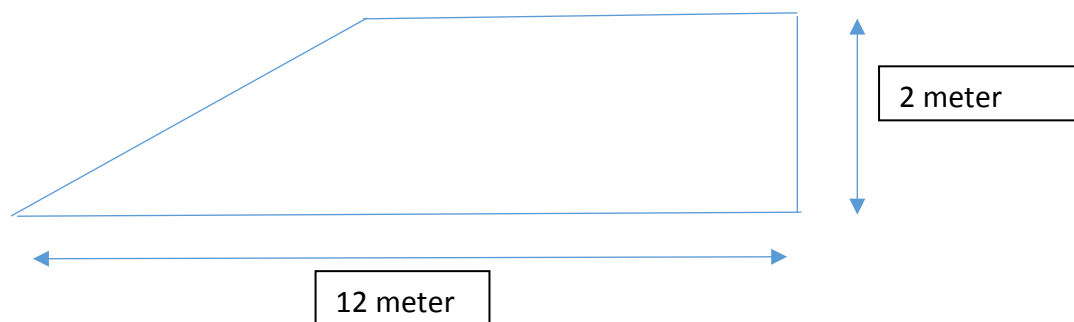
Figur 3. Mätning med applikationen Timbeter framifrån.

Figure 3. Measurement with the application Timbeter in front of the stack.

1978 näslund

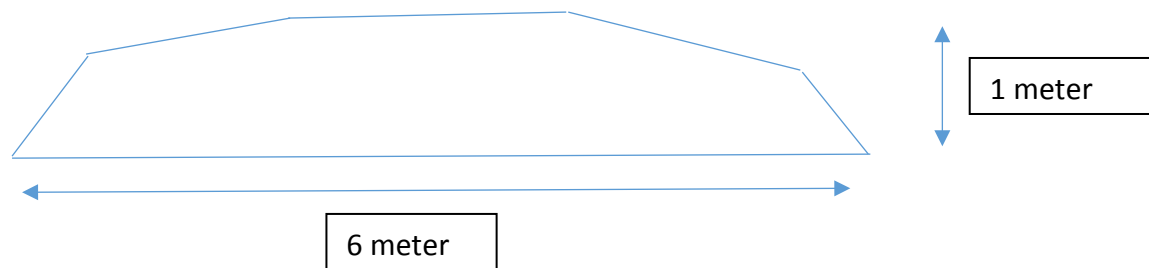
2.3.1 Vältornas position och geometriska utformning

De tre vältorna som mättes fanns på tre olika områden, den första som mättes låg i Åsele Västernorrland, den andra låg i Hoting Ångermanland och den tredje i Sävar Västerbotten. Vältorna var olika stora och bestod av talltimmer. Den geometriska utformningen av travarna var olika för samtliga av travarna vilket vi medvetet försökte uppnå då ingen trave är den andre lik i praktiken (Figur 4,5,6).

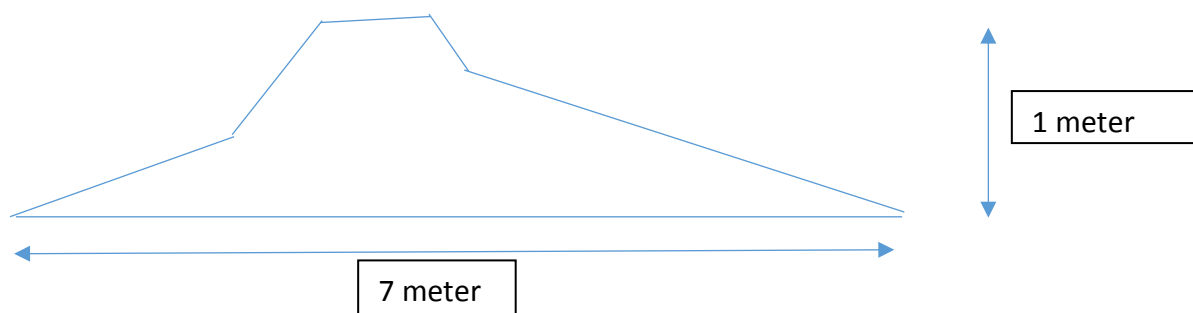


Figur 4. Ungefärlig geometrisk utformning samt ungefärlig längd och medelhöjd av traven i Åsele.

Figure 4. Approximated geometrical shape, length and average height of the pile in Åsele.



Figur 5. Ungefärlig geometrisk utformning samt ungefärlig längd och medelhöjd av traven i Hoting.
 Figure 5. Approximated geometrical shape, length and average height of the pile in Hoting.



Figur 6. Ungefärlig geometrisk utformning samt ungefärlig längd och medelhöjd av traven i Sävar.
 Figure 6. Approximated geometrical shape, length and average height of the pile in Sävar.

2.3.2 Väder och ljusförhållanden

Tisdagen den 7 mars startade vi med mätningarna på traven som låg i Osele. Under dagen var det molnigt utan nederbörd av varken snö eller regn. Temperaturen låg på cirka -2 till -6°C och svag vind. På onsdagen den 8 mars gjordes mätningarna på traven i Hoting. Väderförhållandet var molnigt utan nederbörd av varken snö eller regn och kraftig vind. Temperaturen låg på -2 till -6°C . Den sista traven mättes den 15 mars i Sävar. Under dagen var det soligt med svag vind. Temperaturen låg på 6°C .

2.3.3 Behandling av data

För samtliga av de analyser som gjorts har en signifikansnivå på 5 % angivits. För att jämföra de två olika metoderna har vi använt oss av ett konfidensintervall där vi satte värdet på noll-hypotesen som värdena från travmätningarna respektive stockmätningen (referensvärdet, "det sanna värdet"). Om vårt referensvärde finns med i konfidensintervallet är det troligt att det inte skiljer så mycket mellan de olika mätmetoderna. Om referensvärdet inte finns med i konfidensintervallet så är det en skillnad mellan de olika mätmetoderna.

För att se om det uppstår någon skillnad i volym med mätmetoden Timbeter beroende på avstånd har vi utfört en regressionsanalys för att se om det finns en direkt påverkan på avståndet och volymen. För att få ut om avståndet påverkar volymen var vi även tvungna att lägga till andra faktorer i modellen som kan komma att påverka resultatet så som vem som

utför mätningarna och vilken trave det är som mäts, samt korrelationerna mellan avstånd-person, avstånd-trave och person-trave.

För att kunna utläsa om det finns någon skillnad mellan mätningarna som utförts av person A och person B har vi tagit fram differensen mellan de två personernas mätningar. Med differensen gjordes ett envägs t-test för att se om det finns en signifikant skillnad mellan de två olika mätarna. Diagram skapades i programmet Excel för att visuellt bedöma om det finns en systematisk skillnad mellan dem.

För att se skillnaderna mellan ojusterade och justerade data så ställde vi upp ett envägs t-test efter att ha gjort differensberäkningar mellan justerade och ojusterade data för enskild person. För att komma undan den påverkande faktorn avstånd så användes den formel för volymen som gavs genom analys av avståndsfaktorer. Formeln ser ut så här:

$$V - \beta_1 A = \beta_0 + Brus$$

A = Avstånd

V = Volym

β_1 = Justerad volym

β_0 = Sann volym

Brus = Spridning kring sann volym

3 RESULTAT

3.1 Jämförelser mellan Timbeter mot travmätning och stockmätning

Resultatet för jämförelse mellan Timbeter och travmätning visar att den travmätta volymen inte finns med i intervallen för någon utav de tre travarna (Tabell 4). Vid resultatet för jämförelsen mellan Timbeter och stockmätning så finns inte heller den stockmätta volymen med i konfidensintervallet för traven i Sävar (Tabell 4).

Tabell 4. Det sanna värdet av volym för varje trave, samt konfidensintervall för all data från mätningarna med Timbeter

Table 4. The true value of the volume of each stack, and confidence interval for the data from the measurements with Timbeter

Område	Mätningens utförande	Volym (m ³ fpb)	Timbeter, medelvärde (m ³ fpb)	SD	CI 95%	CI 98%
Sävar	Stockmätt	34,2	30,3	1,8	29,4-31,2	29,2-31,4
Sävar	Travmätt	35,2	30,3	1,8	29,4-31,2	29,2-31,4
Hoting	Travmätt	24,1	29,3	2,9	27,8-30,7	27,5-31
Backe	Travmätt	81,3	76,9	4,3	74,2-79,6	73,5-80,3

3.2 Avståndspåverkan vid användning av Timbeter

Vid resultatet av regressionsanalys för avståndspåverkan för samtliga av parametrarna avstånd, mätare och trave samt korrelationen mellan avstånd-person och person-trave, visar det att det finns en signifikant påverkan på volymmätning för de nämnda faktorerna. För korrelationen avstånd-trave finns det däremot ingen signifikant påverkan på volymmätningarna (Tabell 4).

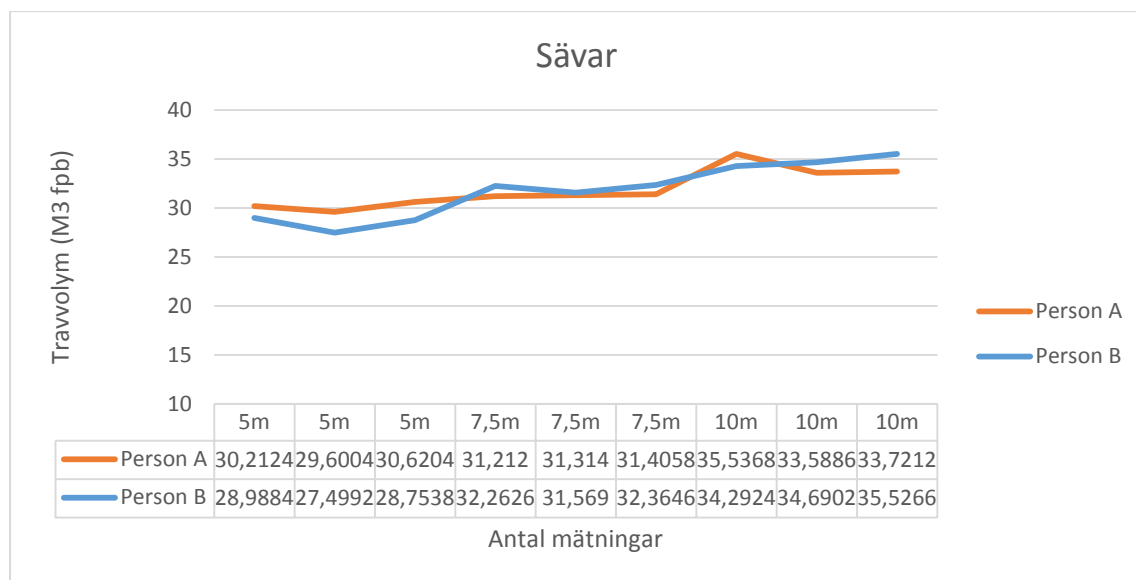
Tabell 4. Resultat från regressionsanalys för avståndspåverkan, med en förklarandegrad på 99,35 %

Table 4. Results from the regression analysis of distance influence, with an explanatory rate at 99,35 %

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	9	16 832,3	1 870,6	802,69	0,000
Distance	1	17,2	17,25	7,40	0,010
Person	1	46,7	46,67	20,03	0,000
Stack	2	900,4	450,20	193,22	0,000
Distance-Person	1	32,8	32,83	14,09	0,001
Distance-Stack	2	12,4	6,18	2,65	0,083
Person-Stack	2	66,7	33,34	14,31	0,000
Error	38	88,5	2,33		
Lack-of-Fit	6	53,2	8,87	8,04	0,000
Pure Error	32	35,3	1,10		
Total	47	16 920,8			

3.3 Påverkan av olika mätare

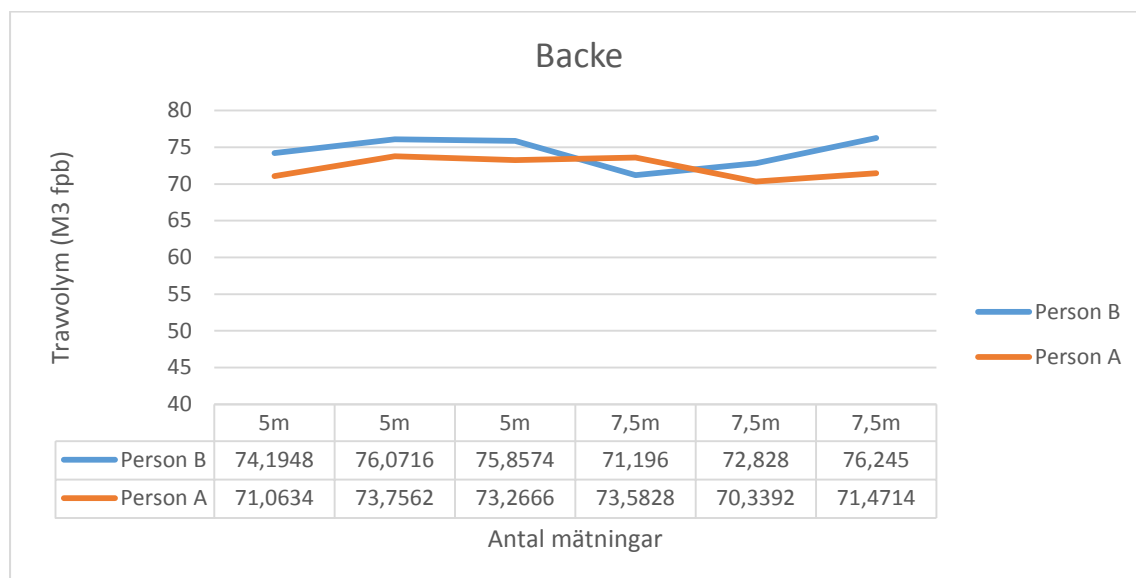
Systematiska skillnader mellan de olika mätarna finns inte för travarna i Backe och Sävar (Figur 7,8). Systematiska skillnader mellan de olika mätarna finns däremot med på traven i Hoting (Figur 9). Resultatet från t-testet för traven i Sävar visar på att det inte finns någon signifikant skillnad mellan de två olika mätarna (p-värde = 0,356).



Figur 7. Analys av systematisk skillnad i mätningar mellan person A och person B på traven i Sävar.

Figure 7. Analysis of systematical differences in measurements between person A and person B at the stack in Sävar.

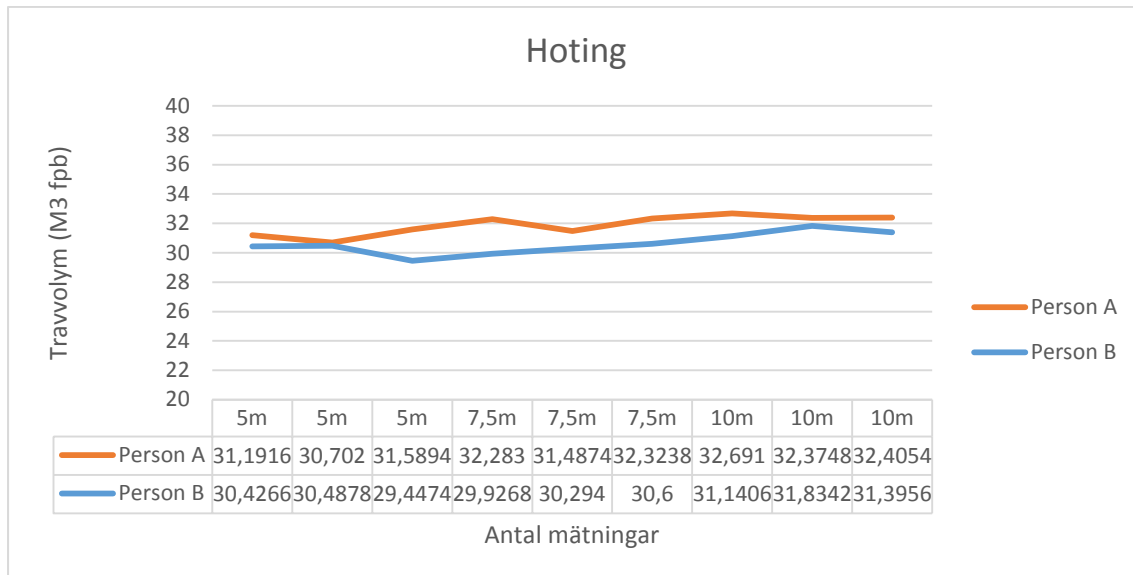
Resultat från t-testet för traven i Backe visar på att det inte finns någon signifikant skillnad mellan de två olika mätarna (p-värde = 0,079).



Figur 8. Analys av systematisk skillnad i mätningar mellan person A och person B på traven i Backe.

Figure 8. Analysis of systematical differences in measurements between person A and person B at the stack in Backe.

Resultat från t-testet för traven i Hoting visar på att det finns en signifikant skillnad mellan de två olika mätarna (p-värde = 0,001).

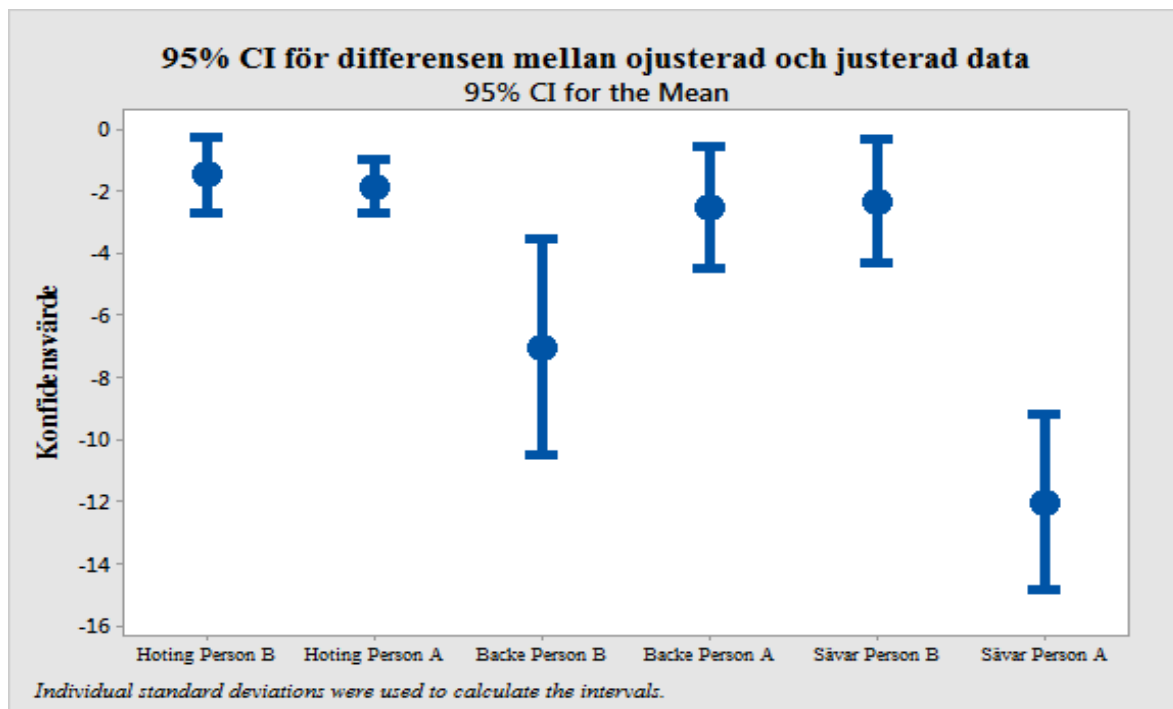


Figur 9. Analys av systematisk skillnad i mätningar mellan person A och person B på traven i Hoting.

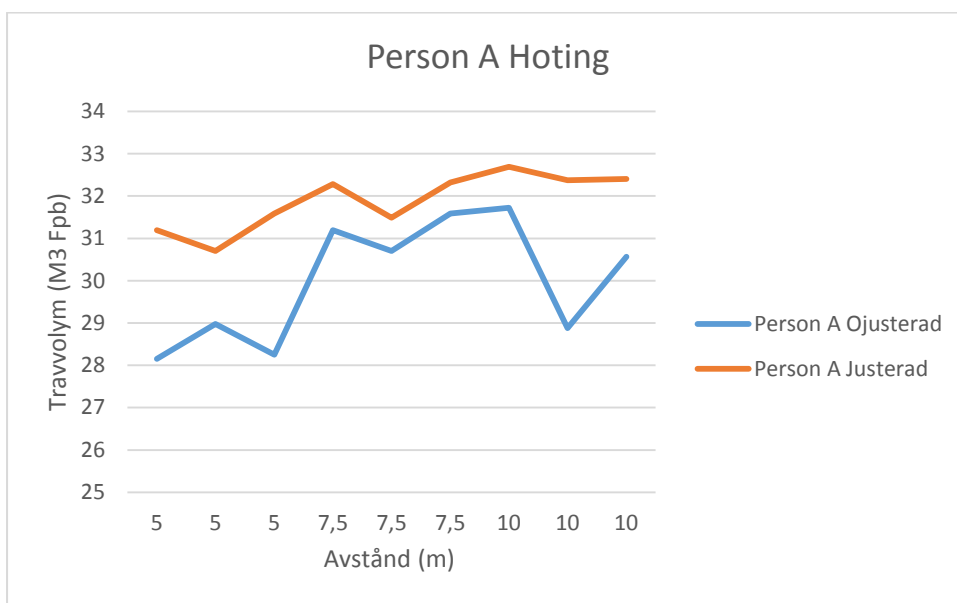
Figure 9. Analysis of systematical differences in measurements between person A and person B at the stack in Hoting.

3.4 Jämförelse mellan justerade och ojusterade data

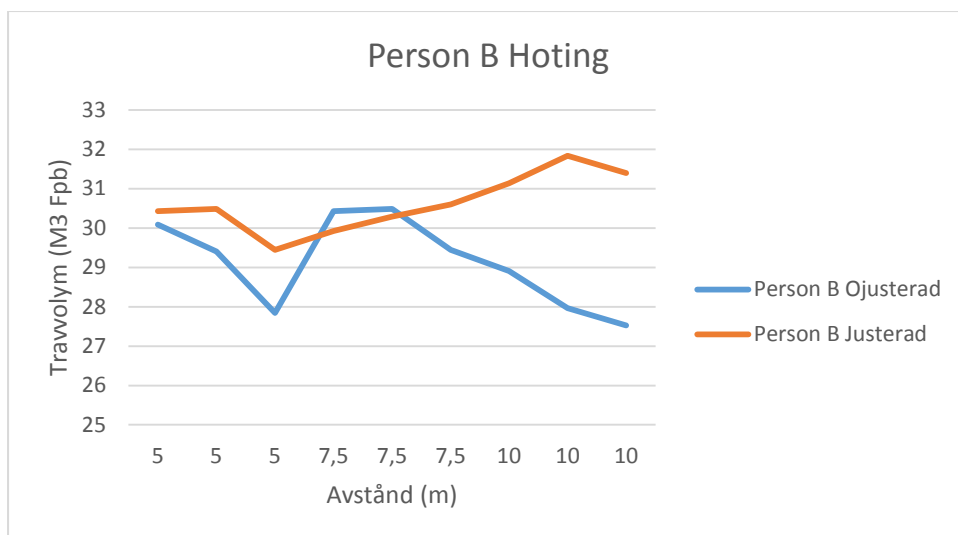
Resultatet från t-testerna visar på att det finns en signifikant skillnad mellan justerad och ojusterad data, för samtliga av mätningarna (Figur 10). Visuellt analyser visar på systematiska skillnader mellan justerad och ojusterad data stärks resultatet från t-testerna (Figur 11-16).



Figur 10. Intervall plot på konfidensintervallen för varje trave och person.
 Figure 10. Interval plot of the confidence interval for each stack and person.

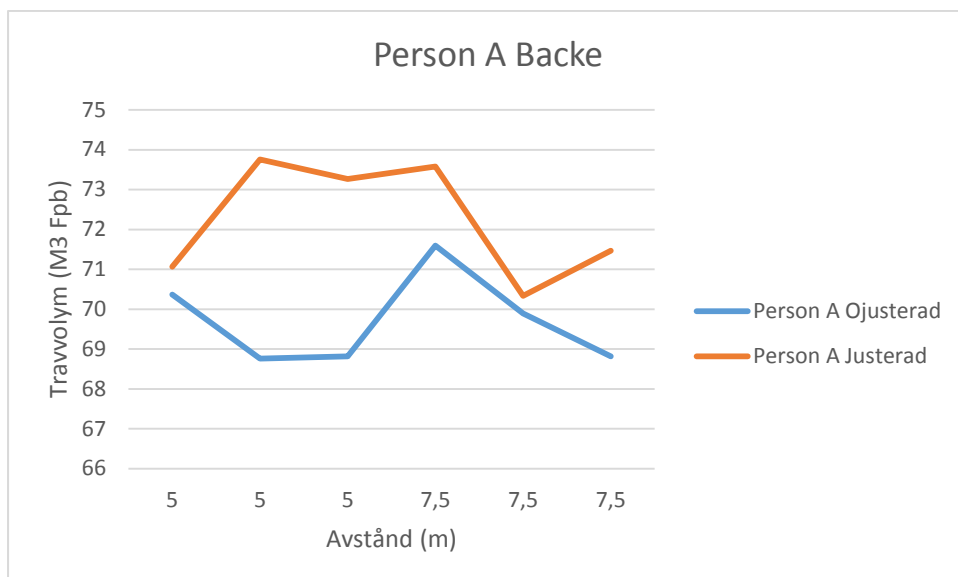


Figur 11. Skillnad mellan justerad och ojusterad data av person A i Hoting.
 Figure 11. Difference between adjusted and unadjusted data of person A in Hoting.



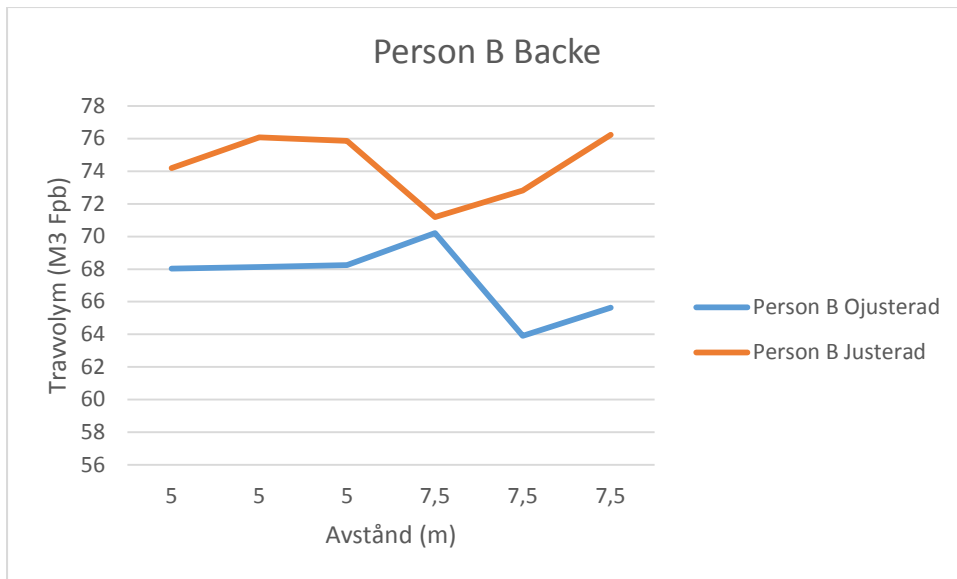
Figur 12. Skillnad mellan justerad och ojusterad data av person B i Hoting.

Figure 12. The difference between adjusted and unadjusted data of person B in Hoting.

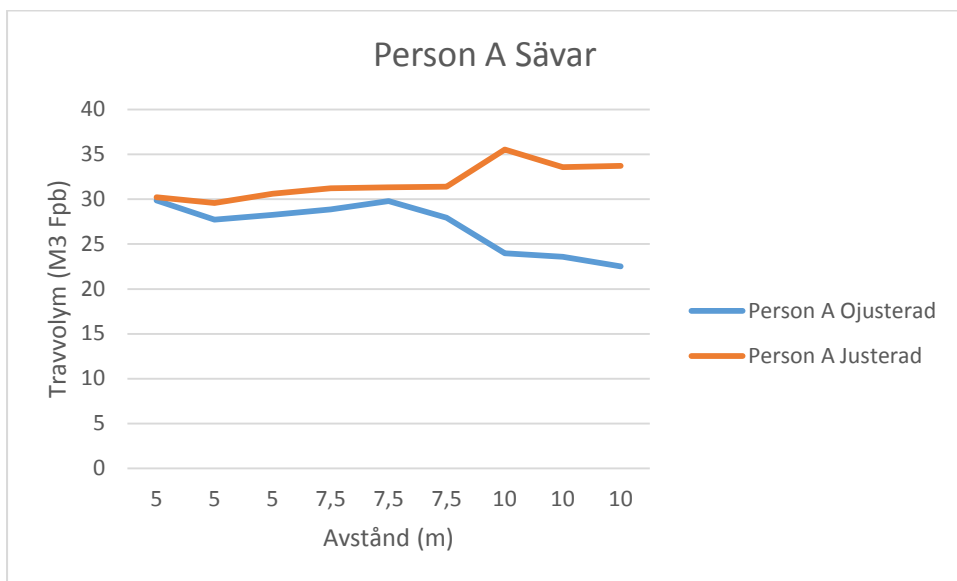


Figur 13. Skillnad mellan justerad och ojusterad data av person A i Backe.

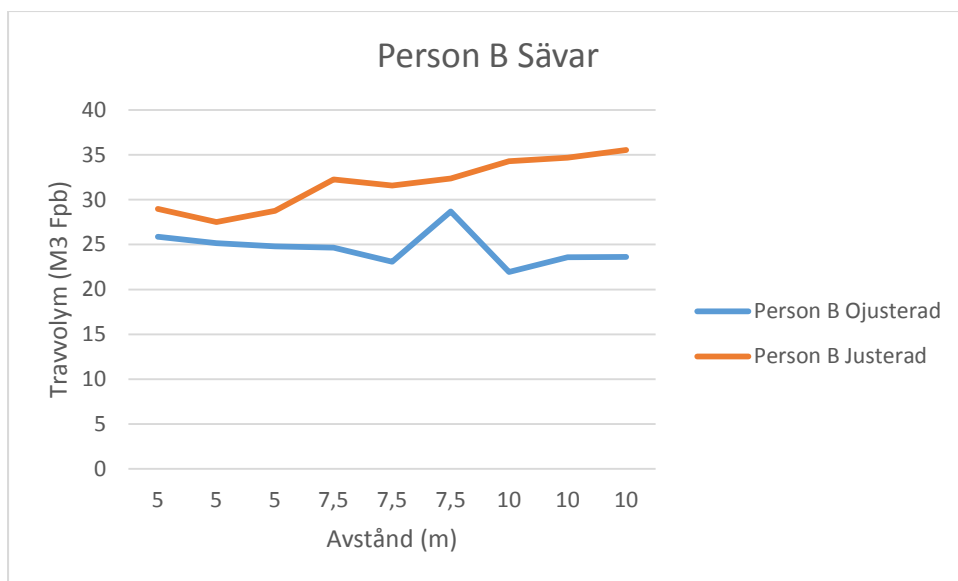
Figure 13. The difference between adjusted and unadjusted data of person A in Backe.



Figur 14. Skillnaden mellan justerad och ojusterad data av person B i Backe.
 Figure 14. The difference between adjusted and unadjusted data of person B in Backe.



Figur 15. Skillnad mellan justerad och ojusterad data av person A i Sävar.
 Figure 15. The difference between adjusted and unadjusted data of person A in Sävar.



Figur 16. Skillnaden mellan justerad och ojusterad data av person B i Sävar.

Figure 16. The difference between adjusted and unadjusted data of person B in Sävar.

4 DISKUSSION

4.1 Genomförande av fältförsök

Vid kontroll av A. Nilsons formel hade det varit bättre att göra enhetsberäkningen på ett tiotal fler enskilda stockar för att få en bättre säkerhet vid jämförelse mellan volymenheterna från Timbeter och Svenska volymenheter. Då vi i Sverige använder oss utav andra parametrar för att bedöma volymen per stock (Tabell 3).

Snömängden var en faktor som gjorde det svårt att se om alla stockar räknades med, både den snömängd som låg på virkestraven och snön som täckte de nedre delarna av virkestravarna gjorde att en del stockar kan ha missats. Dessa felkällor hade kunnat decimeras genom att tidsrymden för projektet förlängts, då fler och mer omfattande data hade kunnat samlas in och testet utförts då ingen snö finns.

Vi lyckades bra med att utföra testerna då vi lyckades eliminera två stycken felkällor genom att hålla telefonen systematiskt på samma höjd varje gång vi mätte och att vi slumpmässigt ställde oss på olika avstånd för att alla mätningarna ska få lika förutsättningar. Ytterligare en felkälla är att ingen av travarna hade enbart stockar med toppändorna mot mätarna. Detta gör att volymberäkningarna som utförts av applikationen inte är korrekta för de stockar som placerats med rotändan mot mätarna. Kravet på att alla stockar i en trave skall vara placerade med toppändan åt samma håll är ett orimligt krav. Stockarna läggs slumpmässigt i traven för att ge traven stabilitet och för att tidsmässigt effektivisera körningen för skotaren (Marie Helström, pers.komm).

Vi valde olika geometriskt utformade travar, samt olika storlek på travarna för att efterlikna ett så verkligt scenario som möjligt. Fler testpersoner, fler virkestravar, större volymer och fler olika geometriska former skulle ge en mer omfattande bild om hur bra precision som kan uppnås med applikationen.

4.2 Databearbetning

För att regressionsanalys och envägs t-test ska vara godkända analyser krävs det att det data som används är helt oberoende av varandra, att data inte följer något mönster, samt att datasetet är normalfördelat. Samtliga av dessa kriterier är uppfyllda av vårt dataset (se bilaga 2). Då detta är verifierat så kan vi utgå från att refererade resultat och antaganden som vi gjort i underrubrikerna nedan är tillförlitliga.

4.2.1 Jämförelse mellan mätmetoder

Huvudsyftet med studien var att jämföra Timbeters mätprecision mot rådande mättekniker. Skillnaderna i volym mellan Timbeter och travmätningarna skiljer sig åt beroende på trave. Hade vi haft fler referensmätningar från VMF:s mätningstation i Sävar hade vi haft en större statistisk säkerhet eftersom stockmätning är en bättre referens än travmätning, som är en mer

subjektiv mätmetod. Om vi hade haft tillgång till detta så hade vi vidare kunnat undersöka om det fanns en tydlig trend att Timbeter kontinuerligt skiljer sig åt med den verkliga volymen. Mätarna som utförde travmätningarna har en mycket liten erfarenhet av travmätning då detta var första gången som de använde mätmetoden. Även då vi tillät en tre procentig volymavvikelse från de travmätningar vi gjort, så är det bara virkestraven i Backe som det inte skiljer sig signifikant mellan travmätning och mätning via Timbeter.

4.2.2 Avståndspåverkan

Analysen av avståndspåverkan anpassades eftersom det kan finnas flera påverkande faktorer än endast avstånd. Nollhypotesen löd att avstånd inte påverkar volymen som ges i Timbeter och resultaten från analysen visar på att nollhypotesen kan förkastas. Detta innebär att volymen som du får när du använder Timbeter påverkas av vilket avstånd det är mellan traven och mätaren. Vilket avstånd som är optimalt att utföra mätningar ifrån är inte något som undersökts under denna studie.

Analysen kan kritiseras eftersom det är en väldigt liten mängd data som använts i analysen. För att analysen skall hålla riktigt hög kvalitet skulle det krävas att flera mätningar gjorts.

4.2.3 Skillnaden mellan olika mätare

Källan till varför person A ligger systematiskt över person B just för virkestraven i Hoting är oklar, felkällor som dagsform eller väder kan vara påverkande faktorer. I regressionsanalysen som gjordes för att se om avståndet mellan traven och mätaren påverkar volymen som fås utav Timbeter så infördes även skillnader mellan personer in i modellen. Resultatet av denna analys visar att Timbeter ger olika volym beroende på vem det är som använder applikationen. Vid regressionsanalysen sammanställs all data från samtliga mätningar, vilket gör att resultatet blir olik t-testerna som gjordes på enskilda travar.

Till skillnad från studien av Isaksson 2013, så gjordes mätningar endast av två stycken personer, medan i Isakssons studie gjordes mätningar av fem personer. Detta innebär att det finns en större datamängd för studien av Isaksson än för denna studie. När så många personer mäter och om en person vid ett tillfälle gör en miss för sin mätning så påverkar inte det de slutliga resultatet i samma utsträckning. Vid en jämförelse mellan endast två mätare så kan en miss vid ett mät-tillfälle påverka de slutgiltiga resultaten betydligt mer. För att resultaten för skillnad mellan två olika mätare ska vara tillförlitlig skulle vi haft flera personer som utför mätningar.

4.2.4 Jämförelse mellan justerad och ojusterad data

Volymen hade ett slumpmässigt mönster för hur vida den ökade eller minskade, beroende av vilken person och på vilket avstånd som traven mäts. Enligt t-testerna visar resultatet på att det finns en skillnad mellan de två olika dataseten. Detta innebär att nollhypotesen kan förkastas i samtliga av analyserna och nollhypotesen lyder att det inte finns någon signifikant skillnad mellan justerad och ojusterad volym.

4.3 Slutsatser

De slutsatser som kan tas av ovanstående resultat är att applikationen, baserat på vår analys, inte är en fullgod mätmetod som kan appliceras i dagens skogsbruk. Mätprecisionen är inte tillfredställande då skillnaden mellan volymen som gavs ifrån applikationen och den stockmätta volymen uppgår till 12,8 % underskattning av applikationen. För att applikationen ska ge säkra resultat bör ett optimalt avstånd tas fram. Justering av diametercirklar och antalet stockar krävs för att få ett mer korrekt värde på volymen i en trave. Applikationen är personberoende och ger olika resultat för olika mätare. Applikationen har utvecklingspotential och är väldigt ny på marknaden, vilket gör att den inte ska räknas bort för framtiden.

5 REFERENSER

Braga, R. A.; Oliveira, B. S.; Costa, R. M.; Lino, A. C. L.; Fabbro, I. M. dal. Suppression of border effects in Moiré techniques using threedimensional methods. *Biosystems Engineering*, v.102, p.1-8, 2009. PDF [Online] Tillgänglig: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2008.09.031>

Börjegren. M (2011) *Utvärdering av framtida mätmetoder*. PDF, [Online] Tillgänglig: <http://stud.epsilon.slu.se/3550/>

Codator Oy (2016) Broschyr. Modus 2000. Hemsida, [Online] Tillgänglig: <https://translate.google.se/translate?hl=sv&sl=fi&u=http://www.codator.fi/&prev=search>

Costa, R. A.; Elisângela Ribeiro,; Braga, R. A.; Pinto, F. A. C. *Measurement of volume of macaw palm fruit using traditional and the digital Moiré techniques*, 2016. PDF, [Online] Tillgänglig: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662016000200152&lng=en&nrm=iso&tlng=en

Isaksson, B (2013) *Kronandelsrelaskopering – metodoptimering och mätfelsstudie*, 2013. PDF, [Online] Tillgänglig: http://stud.epsilon.slu.se/5530/7/isaksson_b_130426.pdf

Jänes. J (2001), *Ümarpuidu Möötmine Ja Hindamine*. PDF, [Online] Tillgänglig: <http://puidumootmine.emu.ee/sites/default/files/Tartu2001.pdf>

Knyaz V.A., Maksimov A.A (2014) *Photogrammetric technique for timber stack volume control*. PDF [Online] Tillgänglig: <http://www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/XL-3/157/2014/>

Riksskogstaxeringen (2015/05) *Genomsnittlig årlig avverkning under två femårsperioder. Fördelning på huggningsarter inom landsdelar och ägargrupper. Produktiv skogsmark*. PDF, [Online] Tillgänglig: <http://www.slu.se/sv/webbtjanster-miljoanalys/statistik-om-skog/avverkning/avverkning-tabeller/>

SDC (2015/04) *SDC Årsredovining 2014 A*. PDF, [Online] Tillgänglig: <http://www.sdc.se/default.asp?id=2473&ptid=>

SDC (2014/12) *Travmätning av rundvirke, A*. PDF, [Online] Tillgänglig: <http://www.sdc.se/default.asp?id=2834>

SDC (2015/04) *VMK:s tillämpningsanvisning till mätinstruktion för travmätning av rundvirke B*. PDF, [Online] Tillgänglig: <http://ny.sdc.se/admin/Filer/Till%C3%A4mpningsanvisningar/Till%C3%A4mpninganv%20travm%C3%A4tning%202015-04-22%20rev.pdf>

SDC (2014/08) *Skogsindustrins Virkesförbrukning samt produktion av skogsprodukter 2009-2013 B*. PDF, [Online] Tillgänglig: <http://www.sdc.se/default.asp?id=2055&ptid>

SDC (2008/08) *VMRs verksamhet samt statistik över virkesmätningen 2008*. PDF, [Online] Tillgänglig: <http://www.sdc.se/default.asp?id=3062&ptid>

SDC (2016), *SDC Hemsida*. [Online] Tillgänglig:
<http://www.sdc.se/default.asp?id=2013&ptid=>

Skogsstyrelsen (2014/07) *Lag om virkesmätning SFS 2014:1005*. PDF, [Online] Tillgänglig:
<http://www.skogsstyrelsen.se/Aga-och-bruka/Lagen/Virkesmatningslagen/>

Skogsstyrelsen (2016) *Omräkningstal för olika måttenheter, hela landet*. Hemsida [Online]
Tillgänglig: <http://www.skogsstyrelsen.se/Myndigheten/Statistik/Om-statistiken/Omrakningstal/>

Timbeter (2016) *How to use Timbeter*. Hemsida [Online] Tillgänglig:
<http://www.timbeter.com/how-to-use-timbeter>

VMF Qbera (2016/04) *Stockmätning*. Hemsida, [Online] Tillgänglig:
<http://www.vmfqbera.se/default.asp?id=4869&ptid=4683&refid=4872>

VMR 2000 (2000/06) *Statistik och stickprovsmätning, VMR 2000*. PDF, [Online] Tillgänglig:
<http://sdc.se/default.asp?id=2859&ptid=>

Personlig kommunikation

Andersson, L. Distriktansvarig för Umeå distrikt, VMF Nord.

Helström, M. Drivningsledare, Holmen, Bredbyn.

Kambla, M. Direktör med ansvar för utveckling och teknik, Timbeter, Huvudkontor Estland.

Linden, H. Processingenjör, SCA Sundsvall.

Söder, M. Tjänstespecialist, SDC Sundsvall

BILAGOR

Bilaga 1. Protokoll vid datainsamling

Tabell 7. Protokoll som användes vid datainsamling
Table 7. Protocol used at the collecting of data.

Avstånd (m)	Prov 1 Diameter:(cm) Volym: (m ³)	Prov 2 Diameter:(cm) Volym: (m ³)	Prov 3 Diameter:(cm) Volym: (m ³)
5	Ordning: Diameter: Volym:	Ordning: Diameter: Volym:	Ordning: Diameter: Volym:
7,5	Ordning: Diameter: Volym:	Ordning: Diameter: Volym:	Ordning: Diameter: Volym:
10	Ordning: Diameter: Volym:	Ordning: Diameter: Volym:	Ordning: Diameter: Volym:

Bilaga 2. Bilder från fältförsöken



Figur 17, Osele (Västernorrland)
Figure 17, Osele (Västernorrland)



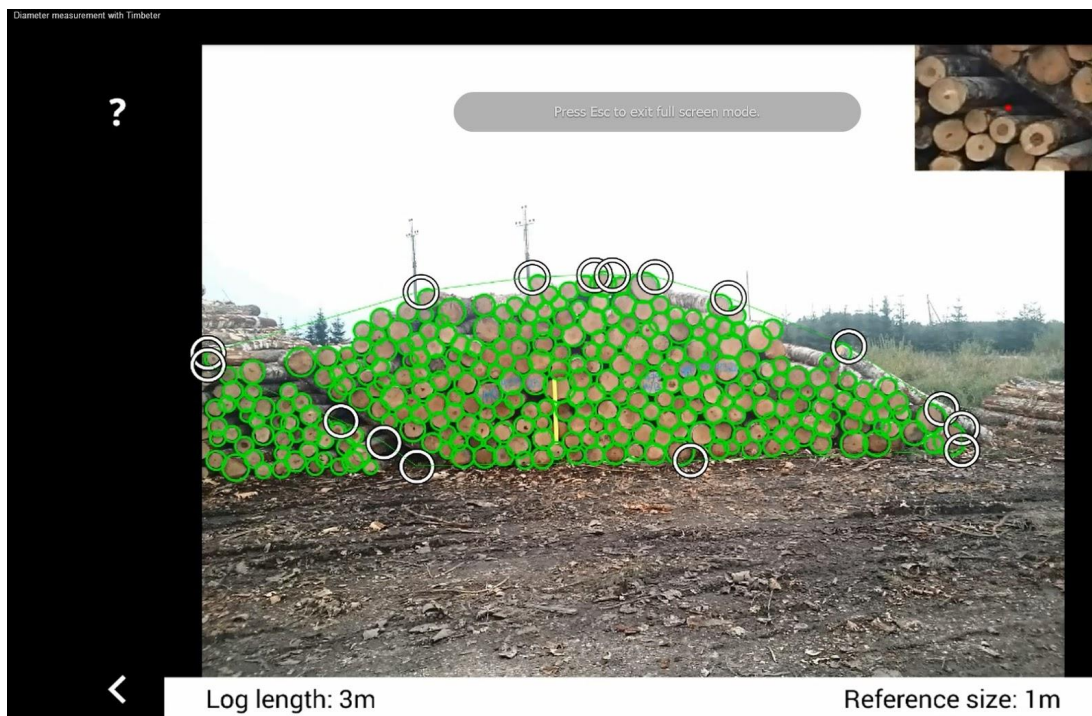
Figur 18. Hoting (Ångermanland)
Figure 18. Hoting (Ångermanland)



Figur 19, Edsele (Västernorrland)
Figure 19. Edsele (Västernorrland)

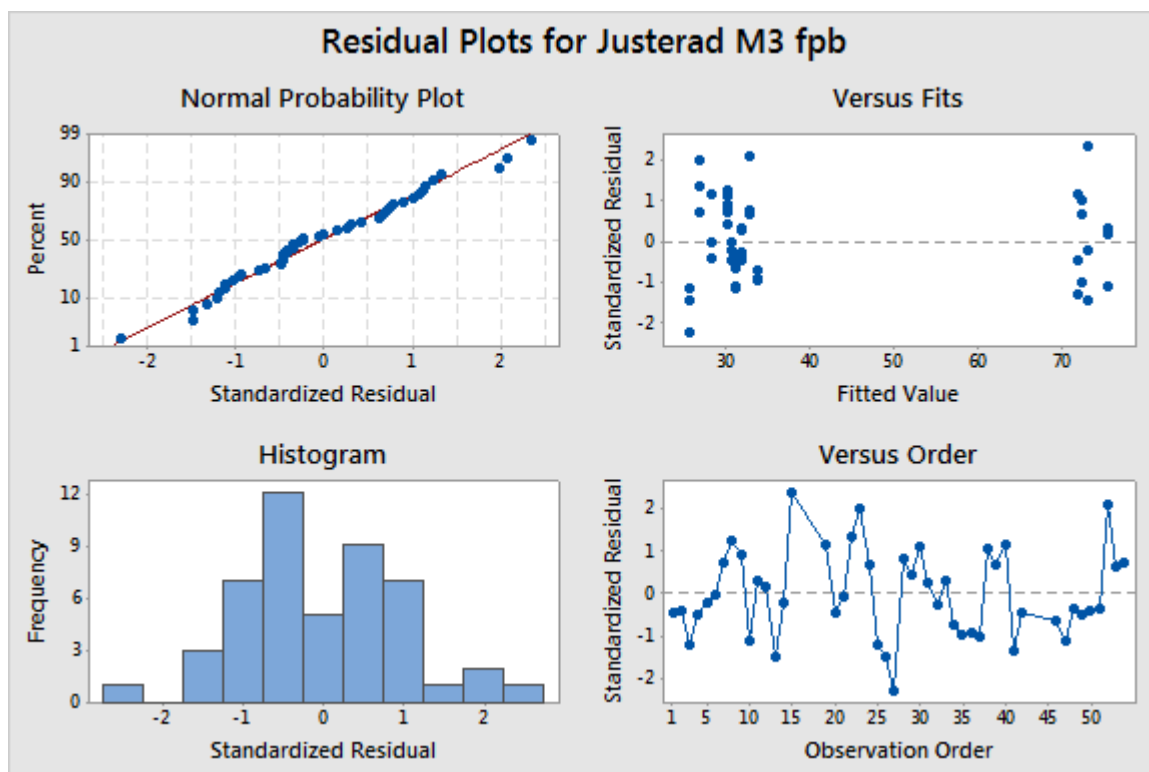


Figur 20, Sävar (Västerbotten)
Figure 20. Sävar (Västerbotten)



Figur 21. Bild från Timbeter

Figure 21. Picture from Timbeter



Figur 22. Datat som använts i samtliga analyser presenteras i normalfördelning, histogram, oberoende och slumpmässiga.

Figure 22. The data that has been used in all of the analysis presented in normal probability plot, histogram versus fits and versus order.